

DialogClassic Web (tm) - Copy/Paste WindowDIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012458598 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1999-264706/199923

XRPX Acc No: N99-197219

Automatic method for determining characteristic values for an IC engine

Patent Assignee: BOSCH GMBH ROBERT (BOSC )

Inventor: HESS W

Number of Countries: 002 Number of Patents: 002

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
-----------	------	------	-------------	------	------	------

DE 19745682	A1	19990422	DE 1045682	A	19971016	199923 B
-------------	----	----------	------------	---	----------	----------

JP 11190681	A	19990713	JP 98293731	A	19981015	199938
-------------	---	----------	-------------	---	----------	--------

Priority Applications (No Type Date): DE 1045682 A 19971016

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

DE 19745682	A1	6	G01M-015/00		
-------------	----	---	-------------	--	--

JP 11190681	A	5	G01M-015/00		
-------------	---	---	-------------	--	--

Abstract (Basic): DE 19745682 A1

NOVELTY - The method obtains measurement information for at least one operational value over a range of operating points, e.g. for values of motor speed, load, exhaust gas composition. The actual characteristic values (or model parameters) are then derived by optimizing the deviation between the measured operational values (X) and the calculated values.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is given for a device for carrying out the method.

USE - In motor control systems.

ADVANTAGE - Provides values faster, more reliably and without the subjective influence of technical personnel. Improves quality of motor control. The optimization program can vary the characteristic values until the error between measured and calculated values is as small as possible providing directly the desired model parameter.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows a flow diagram to show the principle steps of the method.

pp; 6 DwgNo 2/2

Title Terms: AUTOMATIC; METHOD; DETERMINE; CHARACTERISTIC; VALUE; IC; ENGINE

Derwent Class: S02; V06; X22

International Patent Class (Main): G01M-015/00

International Patent Class (Additional): G01M-017/007

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): S02-J01A; V06-N; V06-U03; X22-A05

?



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 45 682 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 M 15/00**

②1 Aktenzeichen: 197 45 682.0  
②2 Anmeldetag: 16. 10. 97  
④3 Offenlegungstag: 22. 4. 99

DE 197 45 682 A 1

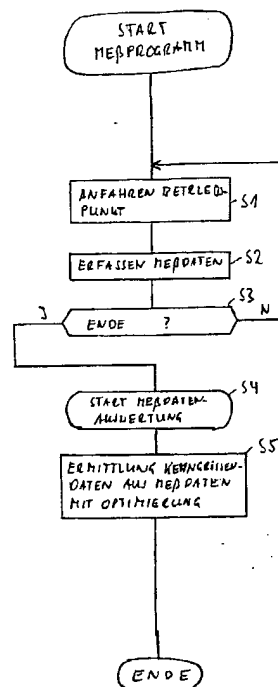
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Hess, Werner, 70499 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Ermittlung von Kenngrößen

⑤7 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung von Kenngrößen, welche Teil eines Modells zur Steuerung einer Antriebseinheit sind und die je nach Typ der Antriebseinheit unterschiedlich sein können. Zunächst wird durch automatische Abarbeitung eines vorgegebenen Meßprogramms Meßdaten für wenigstens eine Betriebsgröße der Antriebseinheit für verschiedene Betriebspunkte der Antriebseinheit erfaßt. Dann werden in einem zweiten Schritt die Kenngrößen durch Optimierung der Abweichung der gemessenen und der auf der Basis der Kenngrößen berechneten Werte der Betriebsgröße ermittelt.



DE 197 45 682 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ermittlung von Kenngrößen gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

Bei modernen Steuerungssystemen für Antriebseinheiten, insbesondere für Brennkraftmaschinen, werden vielfach motorspezifische Kenngrößen verwendet, die in einem Speicher des Motorsteuergeräts beispielsweise als Kennlinien, Kennfelder oder Tabellen abhängig von meßbaren Betriebsgrößen der Antriebseinheit und/oder des Fahrzeugs abgelegt sind. Ein Beispiel für derartige Kenngrößen zeigt die WO-A 95/24550. Dort wird zur Steuerung einer Brennkraftmaschine ein Momentenmodell dargestellt, welches auf einen optimalen Zündwinkel, das heißt auf den Zündwinkel, bei dem die Brennkraftmaschine das höchste Drehmoment erzeugt, und auf eine vorgegebene Gemischzusammensetzung (z. B.  $\lambda=1$ ) bezogen ist. Das durch Steuerung von Kraftstoffzumessung, Zündwinkel und/oder Luftdurchsatz zur Brennkraftmaschine einzustellende Motormoment wird ebenso wie das Istmoment der Brennkraftmaschine unter Berücksichtigung von Kennfeldern für den optimalen Zündwinkel und für das optimale Moment der Brennkraftmaschine bei optimalem Zündwinkel sowie des Abstandes der tatsächlichen Werte des Zündwinkels und ggf. von  $\lambda$  von den optimalen Werten berechnet. In der Regel werden dazu Kennfelder und Kennlinien verwendet. Die Kennfelder für die optimalen Werte sind dabei drehzahl- und füllungsabhängig, während die Kennlinien den jeweiligen Wirkungsgrad abhängig von den Abständen darstellen, das heißt den Einfluß des Abstandes des optimalen Zündwinkels zum tatsächlichen Zündwinkel und der Einfluß der tatsächlich eingestellten Gemischzusammensetzung zur vorgegebenen auf das Moment der Brennkraftmaschine beschreiben. Ferner ist der Einfluß der Gemischzusammensetzung, d. h. der Abweichung vom vorgegebenen Wert, und gegebenenfalls der Einfluß der Abgasrückführrate und/oder einer Nockenwellenverstellung auf das Kennfeld des optimalen Zündwinkels zu berücksichtigen (vgl. WO-A 97/21029).

Ein Weg zur Bestimmung dieser Kennfelder und Kennlinien, das heißt zur Bedatung des Momentenmodells, der in der Vergangenheit beschritten wurde, ist, für jeden Motortyp Messungen am Motorprüfstand vorzunehmen. Mit Hilfe der erfaßten Meßdaten wird dann das Momentenmodell, d. h. die Kenngrößen, von Hand derart abgestimmt, daß die berechneten Werte mit den gemessenen möglichst gut übereinstimmen. Dies ist ein iterativer Prozeß, wobei der Abgleich der Kenngrößen, während des Meßvorgangs für jeden einzelnen Betriebspunkt durchgeführt wird. Die Qualität der Bedatung, von der die Qualität der Momentensteuerung selbst abhängt, ist somit subjektiven Einflüssen des jeweiligen Fachpersonals ausgesetzt. Ferner dauert die Bedatung sehr lange Zeit.

Es ist Aufgabe der Erfindung, Maßnahmen anzugeben, die die Ermittlung derartiger Kenngrößen verbessern.

Dies wird durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Patentansprüche erreicht.

Optimierungsverfahren und Gradientenverfahren sind aus der Veröffentlichung "P.E. Gill, W. Murray: Quasi-Newton Methods for Unconstrained Optimization, Journal of the Institute of Mathematics and its Applications, Vol. 9 (1972), S. 91-108" bekannt.

#### Vorteile der Erfindung

Durch die Auftrennung von Meßdatenerfassung und Meßdatenauswertung wird die automatische Abarbeitung eines vorgegebenen Meßprogramms am Prüfstand möglich. Die erfaßten Meßdaten werden anschließend von einem Optimierungsprogramm ausgewertet, so daß die Kenngrößen schneller, zuverlässiger und ohne subjektiven Einfluß des Fachpersonals ermittelt werden.

Besonders vorteilhaft ist damit eine Steigerung der Qualität der Bedatung verbunden, die direkt zu einer Steigerung der Qualität, insbesondere der Genauigkeit, des Momentenmodells und damit der Motorsteuerung selbst führt.

Besonders vorteilhaft ist, daß das die Meßdaten auswertende Optimierungsprogramm die jeweilige Kenngröße solange variiert, bis der Fehler zwischen dem gemessenen und dem berechneten Drehmoment möglichst klein wird. Somit werden vom Optimierungsprogramm als Ergebnis direkt die gesuchten Kenngrößen, das heißt die gesuchten Modellparameter, ermittelt.

Vorteilhaft ist mit Blick auf die schnelle Konvergenz des Optimierungsverfahrens die Verwendung eines Gradientenverfahrens, bei welchem der Gradient eines Gütekriteriums Grundlage der Optimierung ist.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen bzw. aus den abhängigen Patentansprüchen.

#### Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In **Fig. 1** ist ein Beispiel einer Kennlinie des Zündwinkelwirkungsgrades für einen bestimmten Motortyp dargestellt. An dieser Kennlinie wird die prinzipielle Vorgehensweise zur Kenngrößenermittlung erläutert. In **Fig. 2** ist der Ablauf der Ermittlung der Kenngrößen eines Momentenmodells dargestellt.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Vorgehensweise zur Ermittlung einer Kenngröße ist am Beispiel der Ermittlung des Zündwinkelwirkungsgrades in Verbindung mit einem Momentenmodell gemäß dem eingangs genannten Stand der Technik dargestellt. **Fig. 1** zeigt ein Diagramm, in welchem der Zündwinkelwirkungsgrad über der Zündwinkelverstellung (in °KW, Kurbelwellenwinkel) aufgetragen ist. Dabei sind mit Kreuzen der aus Meßwerten ermittelte Wirkungsgrad dargestellt, während die durch Optimierung der Modellwerte mittels der Meßwerte gebildete Kennlinie als durchgezogene Linie dargestellt ist.

Die Vorgehensweise zur Bestimmung der Wirkungsgradkennlinie, die im Modell abgelegt wird, ist wie folgt: Zunächst wird ein vorgegebenes Meßprogramm für den jeweiligen Motor am Prüfstand abgearbeitet. Dabei werden verschiedene Betriebspunkte angefahren, die durch vorgegebene Werte der Motordrehzahl, der Füllung und (bei einer der Gemischzusammensetzung variierende Motorsteuerung) der Abgaszusammensetzung  $\lambda$  gekennzeichnet sind. In diesem Zusammenhang wird unter Füllung eine die Motorlast repräsentierende Größe verstanden, z. B. die relative Luftfüllung der Zylinder pro Hub, die angesaugte Luftmasse, die Motorlast, der Saugrohrdruck, etc. Bei jedem Betriebspunkt wird der Zündwinkel variiert und das vom Motor abgegebene effektive Drehmoment (das nach außen abgegebene Moment) aufgenommen. Ferner wird in den gleichen Betriebspunkten, d. h. bei gleichen Füllungs- und Drehzahlwerten, im unbefeuerten Betrieb das Schleppmoment ermittelt. Nach Abarbeiten des Meßprogramms liegen somit für jeden Betriebspunkt und für jeden Zündwinkel Meßdaten bezüglich des vom Motor abgegebenen effektiven Moments und des Schleppmoments vor.

Im bevorzugten Ausführungsbeispiel wird durch das Momentenmodell das Hochdruckmoment berechnet (Verbrennungsmoment, welches in der Hochdruckphase während des Verbrennungsvorgangs erzeugt wird), ist zu den gemessenen effektiven Momenten das im gleichen Betriebspunkt ermittelte Schleppmoment im unbefeuerten Betrieb hinzuzufügen. Durch Vergleich dieses gemessenen Moments mit dem optimalen Moment (Moment bei optimaler Einstellung) werden die in Fig. 1 mit Kreuzen bezeichneten Meßpunkte ermittelt.

Nach Erfassung der Meßdaten werden diese durch ein Optimierungsprogramm ausgewertet. Neben den Meßdaten (Momentenwerte für jeden Betriebspunkt und jeden Zündwinkel, effektives Moment plus Schleppmoment) werden für die entsprechenden Füllungs-, Drehzahl-,  $\lambda$ -, und Zündwinkelwerte die Modellmomentenwerte (Verbrennungsmoment der Brennkraftmaschine, das heißt das Moment während der Hochdruckphase), die gemäß des aus dem Stand der Technik bekannten Momentenmodell mit Anfangswerten für den oder die Wirkungsgrade, für die Kennfelder des optimalen Moments und des optimalen Zündwinkel sowie für die korrigierenden Einflüsse auf den optimalen Zündwinkel berechnet.

Die Optimierung kann nach verschiedenen Gütekriterien erfolgen, den die Abweichung von gemessenen und berechneten Daten unterworfen wird. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird als Gütekriterium die Minimierung der Summe der Fehlerquadrate zwischen den gemessenen und den durch das Modell berechneten Momenten eingesetzt. Alternativ hierzu sind auch andere Gütekriterien denkbar, z. B. die Minimierung des Fehlerquadrats der relativen Fehler oder die Minimierung des maximalen Fehlers. Ausgehend von den Anfangswerten werden dabei die Modellparameter (Wirkungsgrade, Kennfeldwerte, etc.) durch das Optimierungsprogramm solange verändert, bis das Abbruchkriterium erfüllt ist und die Abweichungen optimal sind.

Im bevorzugten Ausführungsbeispiel wird das Gütekriterium durch die folgende Gleichung dargestellt:

$$\sum_{l=1}^n \sum_{m=1}^{k(l)} \{M_i(l, m) - M_{i, \text{opt}}(l) * \text{etalam}(\lambda(l, m)) * \text{etadzw}[z_{\text{wopt}}(l) + \Delta z_{\text{w}}(\lambda(l, m)) - z_{\text{w}}(l, m)]\}^2$$

mit:

n Anzahl der Betriebspunkte mit vorgegebener Drehzahl und Füllung

k Anzahl der Messungen in einem Betriebspunkt mit verschiedenen Zündwinkel und  $\lambda$ -Einstellungen

$M_i$  gemessenes Moment (gemessenes effektives Moment + gemessenes Verlustmoment)

$M_{i, \text{opt}}$  optimales Moment bei  $\lambda=1$  (Kennfeldberechnung)

$z_{\text{wopt}}$  optimaler Zündwinkel bei  $\lambda=1$  (Kennfeldberechnung)

etalam  $\lambda$ -Wirkungsgrad (Modellkennlinie)

etadzw Zündwinkelwirkungsgrad (Modellkennlinie)

$\Delta z_{\text{w}}$  Verschiebung des optimalen Zündwinkels abhängig von  $\lambda$  (Modellkennlinie)

$z_{\text{w}}$  eingestellter Basiszündwinkel.

In einem System ohne  $\lambda$ -Beeinflussung, bei dem der Motor mit festem, z. B. stöchiometrischen  $\lambda$  betrieben wird, kann auf die Einflußfaktoren etalam und  $\Delta z_{\text{w}}$  verzichtet werden.

Das Optimierungsprogramm verändert nach der Methode der kleinsten Quadrate die Modellparameter ( $M_{i, \text{opt}}$ ,  $z_{\text{wopt}}$ , etadzw, etalam und  $\Delta z_{\text{w}}$ ) nach bekannten Routinen solange, bis das Abbruchkriterium des vorgegebenen Gütekriterium erfüllt ist, d. h. der Fehler minimiert ist. Dies ergibt eine optimale Anpassung der Modellparameter an die Meßwerte, so daß eine automatische, einfache, zuverlässige Bestimmung der Kenngrößen erfolgt. Experimente haben gezeigt, daß eine Standardabweichung von 1,5 Nm im Momentenwert mit vertretbarem Aufwand ohne weiteres zu erreichen ist und daß diese Genauigkeit für die Steuerung der Brennkraftmaschine nach dem Momentenmodell zufriedenstellende Ergebnisse bringt.

Im bevorzugten Ausführungsbeispiel werden die Abhängigkeiten des optimalen Zündwinkels von der Gemischzusammensetzung, die Kennlinie des  $\lambda$ - und die des Zündwinkelwirkungsgrades in einer Näherung als Polynome höherer Ordnung dargestellt. Dies bietet den Vorteil, daß für jeden Betriebspunkt zusätzlich zum Gütekriterium die Gradienten des Gütekriteriums nach den einzelnen Parametern hergeleitet werden können und ein Gradientenverfahren mit Auswertung der berechneten Gradienten benutzt wird. Dies führt zu einer schnelleren Konvergenz der Optimierung. Derartige Gradientenverfahren sind z. B. aus dem eingangsgenannten Stand der Technik ebenso wie das Optimierungsverfahren bekannt.

In Fig. 2 ist anhand eines Flußdiagramms die prinzipielle Vorgehensweise zur Kenngrößenermittlung dargestellt. Nach Start des Ermittlungsprogramms wird in einem ersten Schritt S1 ein vorgegebener Betriebspunkt, im bevorzugten Ausführungsbeispiel ein bestimmter Drehzahlwert, Füllungswert und  $\lambda$ -Wert angefahren. Im darauffolgenden Schritt S2 werden dann die Meßdaten erfaßt, im bevorzugten Ausführungsbeispiel das effektive Motormoment in diesem Betriebspunkt bei verschiedenen Zündwinkeleinstellungen sowie das entsprechende Schleppmoment. Im Schritt S3 wird überprüft, ob die Meßdatenerfassung beendet ist, das heißt, ob alle vorgesehenen Betriebspunkte angefahren und alle Meß-

daten erfaßt sind. Ist dies nicht der Fall, wird mit einem anderen Betriebspunkt und Schritt S1 weitergefahren.

Sind die Meßdaten alle erfaßt, wird im Schritt S4 die Meßdatenauswertung gestartet. Im darauffolgenden Schritt S5 werden die Kenngrößendaten aus den Meßdaten unter Berücksichtigung des Modells mittels des Gütekriteriums im Rahmen einer Optimierung wie oben dargestellt ermittelt. Danach legen die Kenngrößendaten vor und das Modell ist bedatet.

Ist eine Nockenwellenverstellung der Brennkraftmaschine und/oder eine Abgasrückführung vorgesehen, so ist der Einfluß dieser Funktionen auf den optimalen Zündwinkel entsprechend zu berücksichtigen wie der  $\lambda$ -Einfluß.

Wird nicht das Hochdruckmoment, sondern ein anderes Moment durch das Modell ermittelt (z. B. das effektive Moment), so wird die oben geschilderte Vorgehensweise entsprechend angewendet.

Das geschilderte Verfahren wird in vorteilhafter Weise nicht nur in Verbindung mit dem erwähnten Momentenmodell eingesetzt, sondern auch zur Bedatung andere Modelle, die der Steuerung einer Antriebseinheit dienen, z. B. ein Modell zur Berechnung der Zylinderfüllung, ein Modell zur Ermittlung der Abgastemperatur, etc.

Neben der Anwendung auf Modelle zur Steuerung einer Antriebseinheit wird die Vorgehensweise auch zur Bedatung von Modelle zur Steuerung eines Getriebes oder einer Bremsanlage mit dem entsprechenden Erfolg eingesetzt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung von Kenngrößen, welche Teil eines Modells zur Steuerung einer Antriebseinheit eines Fahrzeugs sind und die je nach Typ der Antriebseinheit unterschiedlich sein können, wobei zunächst durch automatische Abarbeitung eines vorgegebenen Meßprogramms Meßdaten für wenigstens eine Betriebsgröße der Antriebseinheit für verschiedene Betriebspunkte der Antriebseinheit erfaßt werden und wobei in einem zweiten Schritt die Kenngrößen durch Optimierung der Abweichung der gemessenen und der auf der Basis der Kenngrößen berechneten Werte der Betriebsgröße ermittelt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Modell ein Modell für das Drehmoment einer Brennkraftmaschine ist, mit dem auf der Basis von Drehzahl, einer die Last repräsentierenden Größe, der Zündwinkeleinstellung und gegebenenfalls der  $\lambda$ -Einstellung, der Nockenwellenstellung oder der Abgasrückführate ein Drehmoment der Brennkraftmaschine bestimmt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erfassung der Meßdaten für jeden durch einen bestimmten Drehzahlwert, einen Wert der die Last repräsentierenden Größe und ggf.  $\lambda$ -Wert kennzeichnende Betriebspunkt unter Variation des Zündwinkels das Drehmoment der Brennkraftmaschine ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Drehmoment der Brennkraftmaschine nach Maßgabe des Modells berechnet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Schleppmoment bei den entsprechenden Betriebspunkten im unbefeuerten Betrieb ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Rahmen der Optimierung die Abweichung der gemessenen Momentenwerte und der berechneten Momentenwerte minimiert werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Optimierung als Gütekriterium die Minimierung der Summe der Fehlerquadrate eingesetzt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Rahmen der Optimierung der Gradient eines Gütekriteriums hergeleitet und ausgewertet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Modell zur Steuerung eines Getriebes und/oder einer Bremsanlage dient.
10. Vorrichtung zur Ermittlung von Kenngrößen, welche Teil eines Modells zur Steuerung einer Antriebseinheit sind und die je nach Typ der Antriebseinheit unterschiedlich sein können, mit einem Speicherelement, in welchem ein Meßprogramm abgelegt ist, welches automatisch zur Meßdatenerfassung abgearbeitet wird und wenigstens eine Betriebsgröße der Antriebseinheit für verschiedene Betriebspunkte der Antriebseinheit erfaßt, in welchem ein Optimierungsprogramm abgelegt ist, welches die Kenngrößen durch Optimierung der Abweichung der gemessenen und der auf der Basis der Kenngrößen berechneten Werte der Betriebsgröße ermittelt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

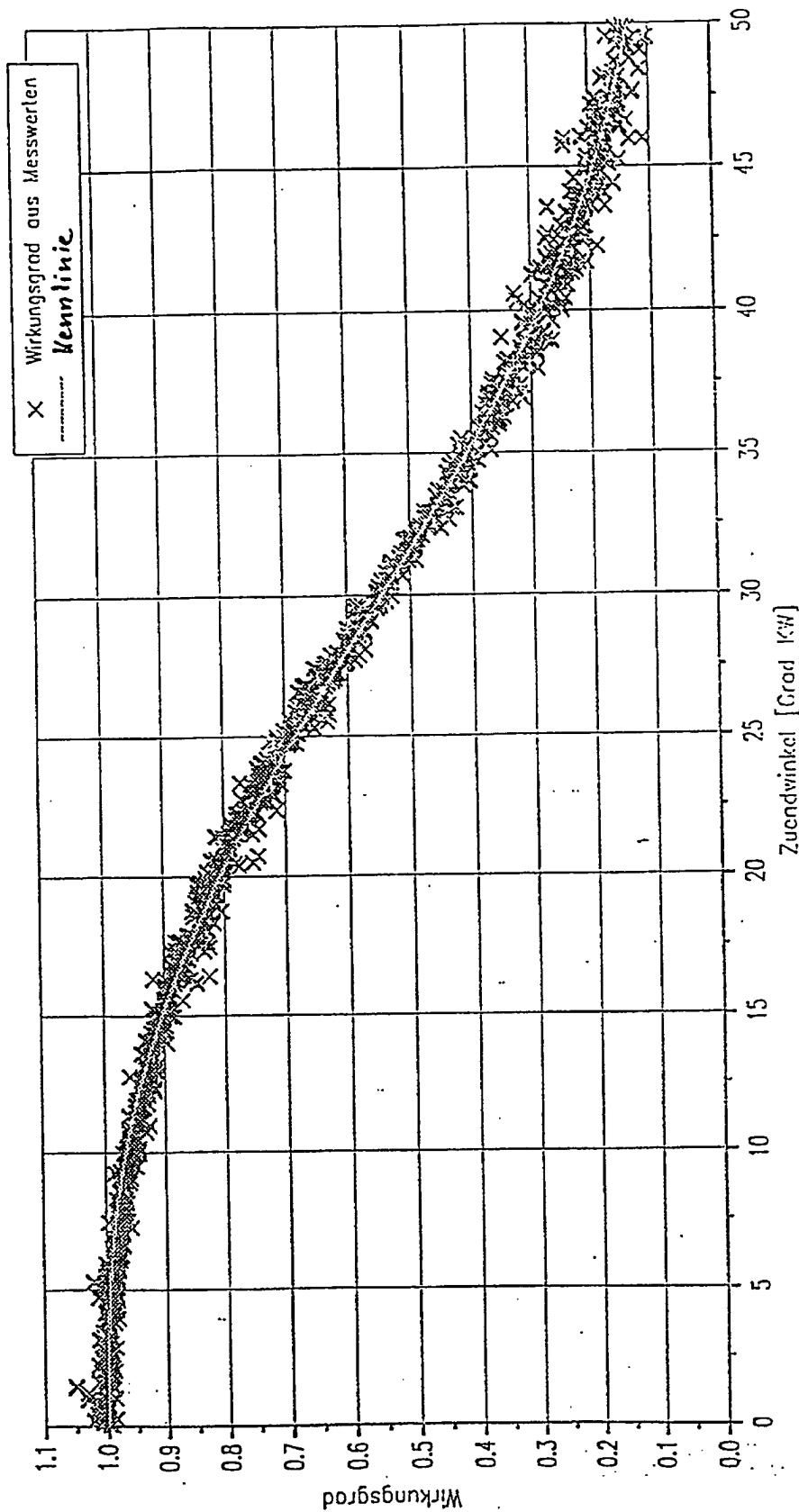


Fig. 1

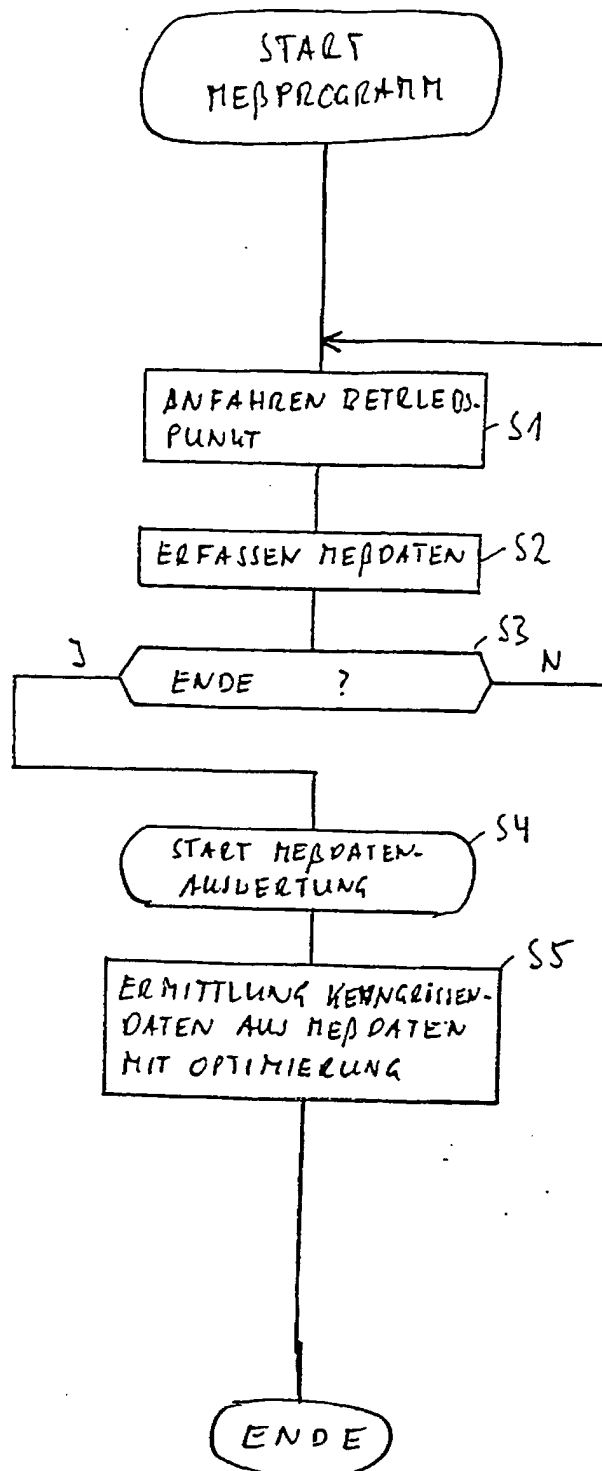


Fig. 2